

Ref:WEL-2006PCT-02US

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-347790

(43)Date of publication of application : 21.12.1999

(51)Int.Cl.

B23K 35/365  
B23K 35/30  
// G22C 19/05

(21)Application number : 10-158714

(71)Applicant : MITSUBISHI HEAVY IND LTD

(22)Date of filing : 08.06.1998

(72)Inventor : KAWAGUCHI SEIICHI  
TADA YOSHIHIRO

## (54) COATED ELECTRODE FOR NI GROUP HIGH CR ALLOY

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain an arc electrode superior in high temperature tensile characteristic and weld crack resistance by using as the core wire an alloy, which has a specific composition with the balance Ni, and coating the core wire with a coating flux of specific composition.

**SOLUTION:** The arc electrode is such that it uses as the core wire an alloy containing 0.05% or less C, 0.75% Si, 2-5% Mn, 0.03% or less P, 0.015% or less S, 28-31.5% Cr, 0.5% or less Mo, 0.5% or less Cu, 1-2.5% Nb, 0.5% or less Al, 0.5% or less Ti, 7-12% Fe, and 0.1% or less Co, containing total of 0.5% or less for the maximum two kinds of W and V, and containing, as inevitable impurities, 0.1% or less O, 0.005-0.030% N and the balance Ni, and that the core wire is coated with a coating flux containing, in weight % against the total weight of the flux, 20-50% one or more kinds of metallic carbonate, 20-50% one or more kinds of metallic fluoride, 3-20% alloy material, 0.2-5% deoxidizer, 3-20% slug forming material and 1-5% binder.

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開平11-347790  
(43)公開日 平成11年(1999)12月21日

|                          |       |                |         |
|--------------------------|-------|----------------|---------|
| (51)Int.Cl. <sup>6</sup> | 識別記号  | F I            |         |
| B 2 3 K 35/365           |       | B 2 3 K 35/365 | M       |
| 35/30                    | 3 3 0 | 35/30          | 3 3 0 K |
| // C 2 2 C 19/05         |       | C 2 2 C 19/05  | B       |

審査請求 未請求 請求項の数1 O L (全 8 頁)

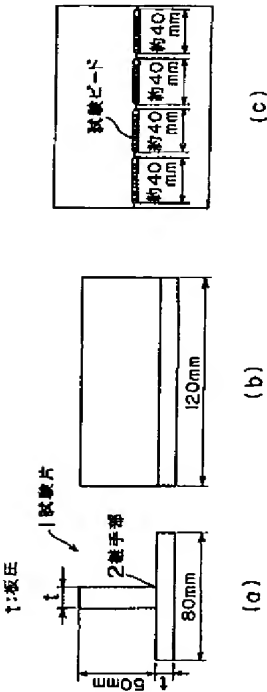
|          |                 |         |  |
|----------|-----------------|---------|--|
| (21)出願番号 | 特願平10-158714    | (71)出願人 | 000006208<br>三菱重工業株式会社<br>東京都千代田区丸の内二丁目5番1号    |
| (22)出願日  | 平成10年(1998)6月8日 | (72)発明者 | 川口 聖一<br>兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号<br>三菱重工業株式会社高砂研究所内 |
|          |                 | (72)発明者 | 多田 好宏<br>兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号<br>三菱重工業株式会社高砂研究所内 |
|          |                 | (74)代理人 | 弁理士 奥山 尚男 (外2名)                                |

(54)【発明の名称】 N i 基高C r 合金用被覆アーク溶接棒

(57)【要約】

【課題】 高温引張特性及び耐溶接割れ性に優れた溶接金属や溶接継手を得ることができ、コストが安価な直流溶接機を用いて溶接できるN i 基高C r 合金用被覆アーク溶接棒を提供する。

【解決手段】 N i 基高C r 合金用被覆アーク溶接棒を、特定割合のC、S i、M n、P、S、C r、M o、C u、N b、A l、T i、F e、C o、W、V、不可避不純物としてのOとNを含み、残部がN i からなる合金を心線とし、該心線のまわりに、特定割合の金属炭酸塩、金属ふっ化物、合金剤、脱酸剤、スラグ生成剤及び粘結剤を含む被覆剤を被覆することによって構成している。



(2)

特開平11-347790

1

2

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 重量%で、C：0.05%以下、Si：0.75%以下、Mn：2～5%、P：0.03%以下、S：0.015%以下、Cr：28～31.5%、Mo：0.5%以下、Cu：0.5%以下、Nb：1～2.5%、Al：0.5%以下、Ti：0.5%以下、Fe：7～12%、Co：0.1%以下を含み、W及びVを最大で2種、合計で0.5%以下を含有し、さらに不可避不純物として、O：0.1%以下、N：0.005～0.030%を含み、残部がNiからなる合金を心線とし、

被覆剤の全重量に対して、重量%で、金属炭酸塩の1種又は2種以上：20～50%、金属ふっ化物の1種又は2種以上：20～50%、合金剤：3～20%、脱酸剤：0.2～5%、スラグ生成剤：3～20%及び粘結剤：1～5%を含む被覆剤を上記心線のまわりに被覆してなることを特徴とするNi基高Cr合金用被覆アーク溶接棒。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

\*【発明の属する技術分野】本発明は、加圧水型原子力発電プラントなどに代表されるNi基高Cr合金の溶接に適した被覆アーク溶接棒に関する。さらに詳しくは、高温引張延性、耐溶接割れ性に優れた溶接金属を得ることができる被覆アーク溶接棒に関する。

## 【0002】

【従来の技術】現在、300～350℃の高温で稼働する加圧水型原子力発電プラントの蒸気発生器伝熱管材などには、耐食性に優れたインコネル600合金（米国INCO社の商品名）が用いられている。さらに、伝熱管材として、信頼性向上を目指して新たに開発されたインコネル690合金（上記インコネル600合金と同様に米国INCO社の商品名）が使われ始めている。これらのインコネル600合金及びインコネル690合金は、ともにNi基高Cr合金に分類されており、その代表的な合金組成は表1に示すとおりである。なお、特にことわらない限り、本明細書では成分組成を重量%を用いて表示する。

## 【0003】

## 【表1】

\*20

(単位：重量%)

| 区 分                | 規 格  | C          | Si         | Mn         | S           | Ni         | Cr            | Fe           |
|--------------------|--|------------|------------|------------|-------------|------------|---------------|--------------|
| インコネル<br>690<br>合金 | ASME Code<br>Sec. II-B<br>SB-163<br>USN N06690 | 0.15<br>以下 | 0.5<br>以下  | 1.0<br>以下  | 0.015<br>以下 | 58.0<br>以上 | 27.0<br>～31.0 | 7.0<br>～11.0 |
|                    | ASME Code<br>Case N-20<br>SB-163<br>Alloy 690  | 0.05<br>以下 | 0.50<br>以下 | 0.50<br>以下 | 0.015<br>以下 | 58.0<br>以上 | 27<br>～31     | 7<br>～11     |

【0004】上記インコネル690合金を用いて構造物を製造する際には、通常、溶接時に被覆アーク溶接棒を溶融しながら合金を添加する被覆アーク溶接を伴う。一般に、Ni基高Cr合金を溶接する際に用いる被覆アーク溶接棒には、ライム型溶接棒とライムチタニア型溶接棒がある。このうち、ライム型溶接棒は、全姿勢での溶接作業性が良好であるとともに、スラグに塩基性を与え溶着金属中のSi、P、S分を低下させるので、溶接割れ感受性を低く抑えることができるという長所を備えている。しかし、その反面、アークの安定性やアークの再発生が悪く、コストが安価な交流溶接機ではアーク切れを起こして溶接ができない。また、その周りに有する被覆剤の主成分はCaCO<sub>3</sub>（炭酸カルシウム）であり、溶接時にこのCaCO<sub>3</sub>が分解して溶着金属のC量を増加させ、耐食性を低下させるという短所がある。

【0005】一方、上記ライムチタニア型溶接棒は、下向姿勢では美しいビード外観が得られるとともに、交流及び直流溶接機の両方で溶接することができるという長所がある。しかし、立向及び上向姿勢ではビード形状が凸形になってビード外観が劣り、溶接作業性が低下する。また、TiO<sub>2</sub>、SiO<sub>2</sub>等が主成分になり、溶着金属のP、S、Si、O量が増加するので、溶接割れ感受性が高くなるという短所もある。上述したライム型とライムチタニア型溶接棒を比較考量すると、溶接割れ感受性を低く抑制できるライム型溶接棒を、コストが安価な交流溶接機で使用できることが望ましい。また、ライム型のフラックスタイプの被覆アーク溶接棒は、溶接後の強度を保持するため、及び耐溶接割れ性を確保するために必要である。この被覆アーク溶接棒に関しては、アメリカ機械学会（The American Society of Mechanical

Engineers ; 以下、ASMEという。) のASMEボイラ  
及び压力容器規程 (ASME Boiler and Pressure Vessel  
Code ; 以下、ASME Codeという) の規定が用\*

\*いられている。その溶着金属の化学成分を表2に示す。  
【0006】  
【表2】

(単位 : 重量%)

| 区 分   | 規 格        | C    | Si   | Mn   | P     | S     | Ni    | Cr    |
|---|------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| インコネル<br>690<br>合金用<br>被覆<br>アー<br>ク溶<br>接棒 | ASME Code  | 0.05 | 0.75 | 5.00 | 0.030 | 0.015 | Bal   | 28.0  |
|   | Case 2143  | 以下   | 以下   | 以下   | 以下    | 以下    |       | ~31.5 |
|   | UNS W86152 |      |      |      |       |       |       |       |
|   |            | Mo   | Cu   | Nb   | Al    | Ti    | Fe    | other |
|   |            | 0.50 | 0.50 | 1.0  | 0.50  | 0.50  | 7.0   | 0.50  |
|   |            | 以下   | 以下   | ~2.5 | 以下    | 以下    | ~12.0 | 以下    |

【0007】上記インコネル690合金母材の組成を示した表1と比較すれば明らかなように、インコネル690合金用被覆アーク溶接棒の主組成もインコネル690合金とほとんど同組成である。しかし、溶接割れを防ぐために、インコネル690合金被覆アーク溶接棒は、S  
i、Mn、P含有量に特に制限を加え、耐食性の劣化を防ぐためにNbを添加している。この他、ASME Codeには定められていないが、実際には被覆アーク溶接棒を製造するときに加える脱酸剤や大気から混入する不可避不純物が含まれており、その種類と含有量は、本発明者らの分析例によれば、O(酸素) : 0.08~0.15%、N(窒素) : 0.003%である。上記インコネル690合金は、元来、高Cr性を有する材料であるから、このインコネル690合金被覆アーク溶接棒を用いて溶接した構造物の溶接部も、室温の機械的性質及び耐溶接割れ性などについても十分な性能を有している。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来の被覆アーク溶接棒においては、インコネル690合金等のNi基高Cr合金の溶接に用いる被覆アーク溶接棒は、ASME Codeに規定のものが用いられていたが、ASME Codeの規格材は短時間の引張強度は良好であっても、溶接部の高温強度まで考慮されたものではないので、高温引張強度特性が十分でなく、上述したような300~350℃という高温で稼働する機器の長時間使用に際しては、溶接部の強度不足を生じるという問題があった。すなわち、上記インコネル690合金とその被覆アーク溶接棒を用いて溶接した溶着金属や溶接継手の高温引張強度は母材に比べて弱いため、高温強度の信頼性が十分ではなかった。例えば、350℃の全溶着金属の高温引張試験を行ったとき、引張強さは470~490N/mm<sup>2</sup>という低い値しか得られなかった。また、上記インコネル690合金用被覆アーク溶接

棒は、組織がオーステナイト組織を呈し、溶接割れ感受性が高いため、耐溶接割れ性を十分考慮しなければならなかった。さらに、上述したように、溶接割れ感受性が低いライム型溶接棒は、アークの安定性やアークの再発生が悪く、交流溶接機ではアーク切れを起こして溶接ができないので、専らコストが高い直流溶接機を用いていた。

【0009】本発明は、上記従来の問題点に鑑みてなされたものであって、その目的とするところは、インコネル690合金などのNi基高Cr合金の溶接に用いられ、高温引張特性及び耐溶接割れ性に優れた溶接金属や溶接継手を得ることができ、コストが安価な交流溶接機を用いても溶接できるNi基高Cr合金用被覆アーク溶接棒を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、Ni基高Cr合金用被覆アーク溶接棒の材質について種々検討した結果、インコネル690合金被覆アーク溶接棒の組成のうち、オーステナイトの固溶強化については、侵入型元素のC、Nがもっとも大きく強化に寄与していることを見い出した。しかし、このインコネル690合金被覆アーク溶接棒の特徴の一つである耐食性が優れているという特性上、C含有量を母材並の0.05%を超えて添加すると耐食性が劣化するため、C含有量を増して高温引張強度を改善することは難しい。また、N量のみを増加させた場合は、溶接欠陥が生じやすくなり好ましくないため、N以外にW及びVを複合添加すれば、後述のように溶接欠陥を生じることなく高温強度を改善できることが判明した。

【0011】さらに、γマトリックス相の固溶強化元素として、Mo、W、V、Ti及びAlが挙げられる。しかし、このインコネル690合金被覆アーク溶接棒の組成のうち、Ti及びAlは脱酸剤として作用するが、溶接作業性や耐溶接割れ性を考慮して規制している。ま

5

た、Moは耐食性を考慮して制限を加えているが、強度の改善を考えれば、規制範囲内で高めに合金設計することが望ましい。なお、ASME Codeには定められていないが、W及びVはその他の元素として0.5%以下の元素添加は許されるので、W及びV量を0.5%範囲内で増して固溶強化により高温引張強度の改善が図れることが判明した。このインコネル690合金被覆アーク溶接棒の金属組織がオーステナイト組成を呈し、溶接割れ感受性が高いので、溶接割れに影響を及ぼすP、S、Si、O量を低めに規制することによって、耐溶接割れ性感受性を確保する。

【0012】これらの元素を低めに抑えるには、使用する心線と被覆アーク溶接棒のフラックスタイプを考慮しなければならない。上述したように、Ni基合金用被覆アーク溶接棒には、石灰石や蛍石を被覆剤の主成分とするライム型溶接棒、及びルチルを被覆剤の主成分とするライムチタニア型溶接棒がある。このうち、特にライム型溶接棒は脱P・脱S効果、低Si化、低O化する作用があるので、インコネル690合金用被覆アーク溶接棒にライム型溶接棒を採用することにより、耐溶接割れ性の改善を図ることができる。また、一般に流通しているコストが安価な交流溶接機を用いて溶接できるように、CaCO<sub>3</sub>、CaF<sub>2</sub>が主成分のライム型溶接棒にチタン酸カリウム(TiK<sub>2</sub>O)などを添加してアークの安定性及びアークの再発生の改善を図っている。本発明は、上記知見に基づき、ASME Codeの化学成分規格内でW及びVを添加すると共に、O及びNの含有量範囲を規定し、さらに新しく成分規制をした被覆剤と組み合わせることによって完成されたものである。

【0013】即ち、本発明に係るNi基高Cr合金用被覆アーク溶接棒は、重量%で、C:0.05%以下、Si:0.75%以下、Mn:2~5%、P:0.03%以下、S:0.015%以下、Cr:28~31.5%、Mo:0.5%以下、Cu:0.5%以下、Nb:1~2.5%、Al:0.5%以下、Ti:0.5%以下、Fe:7~12%、Co:0.1%以下を含み、W及びVを最大2種、合計0.5%以下を含有し、さらに不可避不純物として、O:0.1%以下、N:0.005~0.030%を含み、残部がNiからなる合金を心線とし、被覆剤の全重量に対して、重量%で、金属炭酸塩の1種又は2種以上:20~50%、金属ふっ化物の1種又は2種以上:20~50%、合金剤:3~20%、脱酸剤:0.2~5%、スラグ生成剤:3~20%及び粘結剤:1~5%を含む被覆剤を上記心線のまわりに被覆したものである。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係るNi基高Cr合金用被覆アーク溶接棒の実施の形態について、詳細に説明する。まず、上記被覆アーク溶接棒の心線における各成分である、C、Si、Mn、P、S、Cr、Mo、

(4)

特開平11-347790

6

Cu、Nb、Al、Ti、Fe、Co、W、V、O、N、Niの作用及びその含有量の限定理由を説明する。  
C(炭素):Cは、一般に固溶体強化元素であり、C量の増加とともに引張強度は増加するが、一方、C量の増加は耐応力腐食割れ性を劣化させる。したがって、これらの両特性を考慮して、Cの含有量は、0%を超え0.05%以下とする。好ましくは、0.010%~0.040%とする。

Si(ケイ素):Siは、溶接時に脱酸作用に働き有効であり、Si量が多くなると、溶接高温割れ感受性が高くなる。このため、ライム型溶接棒を採用することによりスラグに高塩基性を与え、溶接金属中のSiを低下させることが可能であり、低Si化を図る。したがって、Siの含有量は、0%を超え0.75%以下とする。好ましくは、0.05%~0.60%とする。

Mn(マンガン):Mnは、溶接時に脱酸作用及び脱硫作用を起こすので有効であり、溶接高温割れに有害なSを固定し溶接割れ性を抑制する効果があり、この効果を得るにはMn添加量は、2%以上が好ましい。しかし、Mn添加量が5%を超えると、溶接時にスラグの融点が下がりビード表面にこげつき現象が発生し、溶接欠陥を作りやすくなる。このため、Mnの含有量は、2~5%とする。好ましくは、2.5%~4.5%とする。

【0015】P(リン):Pは不可避不純物であり、また、Niと低融点の共晶(Ni-Ni<sub>3</sub>Pなど)を形成し、溶接高温割れ感受性を高める元素であるので、含有量は少ないほどよいが、過度な制限は経済性の低下を招く。また、ライム型溶接棒を採用することにより、スラグに高塩基性を与え脱P作用により低P化を図る。したがって、Pの含有量は0.03%以下とする。好ましくは、0.020%以下とする。

S(硫黄):Sは、不可避不純物であり、Pと同じように、Niと低融点の共晶(Ni-Ni<sub>3</sub>S<sub>2</sub>など)を作り、溶接高温割れ感受性を高める元素であるので、含有量は少ないほどよい。このため、Sの含有量は0.015%以下とする。好ましくは、0.010%以下とする。

Cr(クロム):Crは、耐食性向上に必須の元素であるが、耐応力腐食割れ性の効果を十分ならしめるためには28%以上の添加が必要である。一方、Crの添加量が31.5%を超えると、心線の製造時における熱間加工性が著しく劣化する。このため、Crの含有量は28~31.5%とする。好ましくは、28.2%~31.0%とする。

【0016】Mo(モリブデン):Moは、マトリックスに固溶して引張強度を向上させるが、Moの添加量を増加させると心線の製造時の熱間加工性が著しく劣化する。このため、Moの含有量は0%を超え0.5%以下とする。好ましくは、0.01%~0.04%とする。

Cu(銅):Cuは、高温に加熱されるとマトリックス

50

中に微細分散析出して引張強度を高めるが、一方、過剰に添加されると溶接割れ感受性を高める。このため、Cuの含有量は0%を超え0.5%以下とする。好ましくは、0.001%~0.04%とする。

Nb（ニオブ）：Nbは、炭窒化物形成元素であり引張強度を向上させるが、1%未満ではその効果がなく、2.5%を超える量の添加は溶接割れ感受性を高める。このため、Nbの含有量は1~2.5%とする。好ましくは、1.5%~2.3%とする。

Al（アルミニウム）：Alは、心線を溶製するとき 10 脱酸剤として用いられるため不純物扱いとなる。また、N安定化元素として溶接金属中のNを固定し、強度の改善に寄与することが考えられるが、過剰の添加は溶接中にスラグを発生し、溶接作業性を劣化させる。このため、Alの含有量は0%を超え0.5%以下とする。好ましくは、0.03%以下とする。

【0017】Ti（チタン）：Tiは、Alと同様、その酸化力を利用して脱酸剤として用いられるため、不純物扱いとなる。また、TiはNとの親和力が強く、TiNとして析出し、組織を微細化させて引張強度の改善に 20 寄与するが、Alと同様に過剰の添加は溶接中にスラグを発生させ、溶接作業性を低下させる。このため、Tiの含有量は0%を超え0.5%以下とする。好ましくは、0.30%~0.48%とする。

Fe（鉄）：Feは、インコネル690合金のような高Cr合金において、スケールの発生を防止又は抑制するが、その添加量が7%未満ではスケール発生を十分に抑制できない。また、12%を超えて過剰に添加すると応力腐食割れ性を劣化させる。したがって、Feの含有量は7~12%とする。好ましくは、7.5%~11.5% 30 とする。

Co（コバルト）：軽水型原子炉用として、インコネル690合金を使用する場合、半減期の長いCoを含有すると、放射化されたCoが原子炉系統内を酸化物などととも循環し、定期検査時などに作業環境の放射能レベルを高めるので、Coは添加しない方がよい。しかし、Coは、元来Ni原材料中に1~2%程度含有されており、精錬によってNiの純度を上げてても工業的に得られる低CoNi原料におけるCo含有量は0.1%以下程度となる。この点を考慮して、Coの含有量は0.1% 40 以下とする。好ましくは、0.05%以下とする。

【0018】W（タングステン）及びV（バナジウム）：WとVは、ASME Codeに定められていないその他の元素0.5%以下の範囲内で、W及びVを、最大2種添加して高温引張強度の改善を図る。Wはマトリックスに固溶して引張強度を向上させるが、添加量が多くなると耐溶接割れ感受性が劣化する。また、VはW、Moとほぼ同じように、マトリックスに固溶して引張強度を向上させるが、0.5%を超えると延性が低下する。したがって、W及びVを最大2種、その含有量を 50

合計で0%を超え0.5%以下とする。好ましくは、0.001%~0.4%とする。

O（酸素）：Oは、心線の溶製中に大気から侵入する不可避不純物であり、溶接金属の結晶粒界に酸化物の形となって集まり、結晶粒界の高温強度を低下させる。また、Oは溶接割れ感受性を高めるので、ライム型溶接棒を採用することにより低O化を図る。したがって、Oの含有量は0.1%以下にすることが望ましい。さらに好ましくは、0.09%以下とする。

N（窒素）：Nは、Oと同じように不可避不純物であり、その含有量の限界値を定めることは重要である。しかし、NはTiなどと窒化物（TiN等）を形成し、引張強度を改善するので積極的に添加する。Nは含有量の増加とともに引張強度の向上に寄与するが、0.030%を超えると高温延性が低下する。一方、0.005%未満の添加量では、その効果が小さい。したがって、Nの含有量は0.005~0.030%とする。好ましくは、0.006%~0.028%とする。

【0019】次いで、本発明に係る被覆アーク溶接棒に用いる被覆剤について説明する。Ni基高Cr合金用被覆アーク溶接棒は、インコネル系被覆アーク溶接棒に相当するが、これに用いられる被覆剤には、一般にTiO<sub>2</sub>、CaCO<sub>3</sub>を主成分とするライムチタニア型フラックスタイプと、CaCO<sub>3</sub>、CaF<sub>2</sub>を主成分とするライム型フラックスタイプのものがある。これらのうち、本発明に係る被覆アーク溶接棒にはライム型フラックスタイプを用いている。上記被覆剤は、金属炭酸塩、金属ふっ化物及び酸化物、合金剤、脱酸剤、スラグ生成剤及び粘結剤を含有しており、以下にその成分の範囲及び 30 限定理由を説明する。

金属炭酸塩：金属炭酸塩には、CaCO<sub>3</sub>、MnCO<sub>3</sub>、BaCO<sub>3</sub>などがあるが、これらはいずれもスラグに塩基性を与え、溶接金属のP、S、Siを低めに抑える効果があるため、耐溶接割れ感受性を良好ならしめる。本発明に係る被覆剤においては、これらの金属炭酸塩のうち1種又は2種以上を含んでおり、溶接中に分解してCO<sub>2</sub>を発生し溶融金属を大気から遮断し、アーク雰囲気中のH、Nのガス分圧を下げるので、被覆剤全重量に対して20%以上の添加が必要である。また、上記金属炭酸塩の添加量の合計が50%を超えるとガス発生量が過剰になるので、ピットが多発するようになり、さらに、スラグの融点が上昇するためスラグの流動性が悪くなり健全な溶接ビードが得られなくなる。このため、金属炭酸塩の含有量を被覆剤全重量に対して20~50%とする。好ましくは、30%~45%とする。

【0020】金属ふっ化物：金属ふっ化物には、CaF<sub>2</sub>、CeF<sub>3</sub>、MgF<sub>2</sub>、BaF<sub>2</sub>などがあり、これらはいずれもスラグの流動性を増す効果があるが、添加量が20%未満の場合にはスラグの流動性が悪いため、ビード外観が劣る。本発明に係る被覆剤においては、上記

金属ふっ化物のうち1種又は2種以上を含んでおり、その添加量が50%を超えると被覆アーク溶接棒の溶接時のシリンダー形状が弱くなり、片溶けを起こすようになり溶接作業性が低下する。このため、金属ふっ化物の含有量を被覆剤全重量に対して20～50%とする。好ましくは、30%～45%とする。

合金剤：合金剤とは、Mn、Cr、Mo、W、V、Fe、Nb及びCr-Nの中から選ばれる1種又は2種以上の金属粉末で、心線にこれらの元素の大部分を含有させている。その添加目的は、溶接時に酸化消耗する成分を補うこと、及び溶着金属の目標成分を満足しない場合に、合金剤として配合して溶着金属の機械的性質の向上、耐食性及び耐割れ性の改善を図ることである。このため、合金剤の含有量は、被覆剤全重量に対して3～20%とする。好ましくは、2%～15%とする。

【0021】脱酸剤：脱酸剤は、単体金属（Al、Ti、Siなど）、鉄合金（Fe-Si、Fe-Al等）及びAl-Mg等から選ばれる1種以上のものであり、これを被覆剤に含有させ、耐ブローホール性を改良する。このため、脱酸剤の含有量は、被覆剤全重量に対して0.2～5%とする。好ましくは、0.3%～4.0%とする。

スラグ生成剤：スラグ生成剤は、TiO<sub>2</sub>、SiO<sub>2</sub>、TiK<sub>2</sub>O、Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の中から選ばれる1種又は2種以上の粉末で、スラグは熔融金属の上を覆って、大気による酸化や窒化を防止すると共に、脱酸作用を助け溶着金属の性能や溶接作業性にも大きく影響する。例えばスラグ剤の配合が少ないとスラグの被包性が悪くなりアークが不安定になる。また、スラグ剤が多すぎるとスラグの流動性が悪くなり立向溶接性が劣るようになる。特に、TiO<sub>2</sub>、TiK<sub>2</sub>Oはライム型溶接棒の欠点である初アーク発生及び再アーク発生の安定性に効果がある。また、SiO<sub>2</sub>は塗装時のスベリ剤の作用として効果があり、溶接後はスラグになる。これらの添加量が3%未満の場合にはアーク切れが発生し安定した溶接ができない。一方、添加量が20%を超えるとライム型溶接棒の特長の一つである高塩基性というバランス\*

\*がくずれ、溶接金属のP、S、Siが増す傾向になり、耐溶接割れ感受性が高くなる。このため、スラグ生成剤の含有量は、被覆剤全重量に対して3～20%とする。好ましくは、4.0%～18%とする。

【0022】粘結剤（バインダ）：粘結剤は、硅酸カリウム水溶液と硅酸ソーダ水溶液とからなる水ガラスであり、硅酸カリウムはアークの安定性に効果がある反面、吸湿性が高い。また、硅酸ソーダはアークの安定性がやや劣る反面、吸湿性は低いので、両者の特長を生かし、混合してバインダとして使用する。本発明に係る被覆アーク溶接棒では、特に吸湿性を考慮して硅酸ソーダを主体としたものが好ましい。従って、粘結剤の含有量を被覆剤全重量に対して1～5%とする。好ましくは、1.5%～4.0%とする。なお、上記被覆剤を上記心線のまわりに被覆するには、上記バインダが乾燥する前にバインダを含むフラックスを塗布して乾燥させればよい。

【0023】

【実施例】以下、実施例により本発明をさらに具体的に説明する。まず、本発明材として、本発明の組成範囲内である心線と被覆剤（フラックス）によって被覆アーク溶接棒を2本作製する一方、比較材として、組成が本発明の範囲外である心線と被覆剤によって被覆アーク溶接棒を1本作製した。

【0024】次いで、これらの本発明材と比較材の被覆アーク溶接棒を用いて、図1に示す試験片1の継手部2を溶接した。この試験片1の母材には、JIS G4304（熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯）のSUS304を使用した。その理由は以下の3点である。(1) 実際の構造物にSUS304を使用した箇所がある。(2) SUS304の方がインコネル690よりもP、Sの含有量が多く溶接割れが発生しやすく、割れ試験用としては厳しい条件で評価できる。(3) 溶着金属の引張試験では母材の全表面に肉盛溶接する（JIS規定による）ので材質の影響がない。また、溶接によって得られた溶接金属の組成を表3に示す。

【0025】

【表3】

| 区 分         | 溶 接 金 属 の 化 学 成 分 (単位:重量%) |       |      |       |       |       |      |      |       |      |      |      |      |       |       |       |      |      |
|-------------|----------------------------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|-------|------|------|------|------|-------|-------|-------|------|------|
|             | C                          | Si    | Mn   | P     | S     | Ni    | Cr   | Mo   | Cu    | Fe   | Ti   | Nb   | Al   | N     | O     | W     | V    | Co   |
| 比較例         | 0.020                      | 0.16  | 0.25 | 0.004 | 0.001 | 59.9  | 29.1 | 0.01 | 0.01  | 9.4  | 0.10 | 1.49 | 0.70 | 0.003 | 0.080 | 0.00  | 0.00 | 0.01 |
| 本<br>発<br>明 | 1                          | 0.020 | 0.14 | 4.1   | 0.001 | 0.001 | 55.2 | 29.5 | <0.01 | 0.02 | 8.8  | 0.60 | 1.46 | 0.72  | 0.026 | 0.039 | 0.30 | 0.01 |
|             | 2                          | 0.019 | 0.15 | 4.0   | 0.002 | 0.002 | 54.3 | 29.9 | <0.01 | 0.02 | 9.6  | 0.79 | 1.36 | 0.71  | 0.026 | 0.039 | 0.28 | 0.02 |

【0026】さらに、上記溶接金属を用いて常温引張試験、350℃における高温引張試験、及びT型溶接割れ

試験を実施した。引張試験は、J I S Z 3 1 1 1 (溶着金属の引張及び衝撃試験方法) に準じて行った。試験片 1 ( S U S 3 0 4 ) の母材開先面及び裏当て金表面には、規定どおり 2 層バタリング溶接したものを使用した。継手溶接は、予熱なし、パス間温度 1 7 7 ℃以下、溶接電流 1 4 0 A (溶接棒径が 4 mm) で行った。継手溶接金属から J I S Z 3 1 1 1 A 2 号 (試験片の平行部の直径が 6 mm) 引張試験片 1 を機械加工により採取した後、J I S Z 2 2 4 1 (金属材料引張試験方法) に\*

\* 準じて行った。これらの試験の結果を表 4 に示す。表 4 は、溶着金属の常温及び高温引張試験における引張強さ (  $\sigma_u$  ), 0. 2 %耐力 (  $\sigma_y$  ), 伸び ( E L ), 絞り ( R A ), 及び T 型溶接割れ試験における割れ率 ( % ) を示す。ここで、割れ率 ( % ) = 割れ長さ ( mm ) / 溶接ビード長さ ( mm ) × 1 0 0 である。

【 0 0 2 7 】

【表 4】

| 区 分         | 溶接割れ試験                 |   | 常 温 引 張 試 験                           |                                       |              |              | 3 5 0 ℃ 高 温 引 張 試 験                   |                                       |              |              |
|-------------|------------------------|---|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------|--------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------|--------------|
|             | T 型溶接割れ試験<br>割れ率 ( % ) |   | $\sigma_u$<br>( N / mm <sup>2</sup> ) | $\sigma_y$<br>( N / mm <sup>2</sup> ) | E L<br>( % ) | R A<br>( % ) | $\sigma_u$<br>( N / mm <sup>2</sup> ) | $\sigma_y$<br>( N / mm <sup>2</sup> ) | E L<br>( % ) | R A<br>( % ) |
| 比較例         | 0                      |   | 589                                   | 387                                   | 33           | 29           | 476                                   | 301                                   | 38           | 48           |
| 本<br>発<br>明 | 1                      | 0 | 623                                   | 390                                   | 45           | 49           | 522                                   | 322                                   | 40           | 52           |
|             | 2                      | 0 | 614                                   | 380                                   | 31           | 32           | 503                                   | 317                                   | 39           | 47           |

【 0 0 2 8 】 これらの結果から、本発明材を用いた場合、常温及び高温ともに、引張強さ、0. 2 %耐力、伸び、絞りのほぼ全てにおいて、比較材よりも向上していることが判る。しかし、割れ率 (溶接割れ感受性) は比較材と同等であり、溶接割れ感受性を高めることなく、高温強度及び高温引張延性が向上したことが判る。これにより、A S M E C o d e の被覆アーク溶接棒を用いたとき、3 5 0 ℃ の溶着金属の高温引張強度が 4 7 6 N / mm<sup>2</sup> であったのに比べて、本発明の被覆アーク溶接棒 (溶加材) によれば、同一条件で少なくとも 5 0 3 N / mm<sup>2</sup> 以上の高温引張強度及び良好な高温引張延性が得られた。

【 0 0 2 9 】

【発明の効果】 本発明に係る被覆アーク溶接棒は、上述したように A S M E C o d e の規格材の組成を基本としているが、特に M o 量については、規格の成分範囲内での上限を狙って合金設計することにより高温引張強度の改善を図り、A S M E C o d e に定められていない

W 及び V 元素の適正範囲を明確にしている。さらに、原材料や溶製時の副原料から混入してくる不可避不純物の残存量を検討し、これらの中でも高温引張強度の向上に寄与する N を重視し、その許容量を決定している。このため、本発明の被覆アーク溶接棒 (溶加材) によれば、従来の A S M E C o d e の被覆アーク溶接棒に比較して、高温引張強度及び高温引張延性が向上する。その結果、インコネル 6 9 0 合金を使用する高温構造物の溶接に対して大きな信頼性を付与することができる。また、本発明によってライム型溶接棒を交流溶接機に使用できるようになり、コスト的に有利となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本図のうち、( a ) は T 型溶接割れ試験に用いた試験片を示す正面図、( b ) は側面図、( c ) は平面図である。

【符号の説明】

- 1 試験片
- 2 継手部



【図 1】

